

622.24.053(043)

B19

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

ВАСИЛИШИН Віталій Ярославович



УДК 622.24.053 (043)

B19

**ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ
ТРУБ НАФТОВОГО СОРТАМЕНТУ**

05.05.12 – Машини нафтової та газової промисловості

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Івано-Франківськ – 2013

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України



Науковий керівник: член-кореспондент Національної Академії наук України, доктор технічних наук, професор **Крижанівський Євстахій Іванович**, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор кафедри машинознавства та основ технологій **Яким Роман Степанович**, Дрогобицький державний педагогічний університет ім.І.Франка Міністерства освіти і науки України

кандидат технічних наук, інженер I-ої категорії **Янишевський Андрій Ярославович**, НДПІ ПАТ “УКРНАФТА”, м.Івано-Франківськ

Захист відбудеться 10 грудня 2013 року на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.04 в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу за адресою: 76019, м.Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, м.Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

Автореферат розісланий 7 листопада 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 20.052.04
кандидат технічних наук, доцент

Пилипів Л.Д.



ан2428

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

єми.

Україна належить до країн, економічний розвиток яких значною мірою стримується нестачею власних енергоресурсів. Тому розробка нових родовищ вуглеводнів, зокрема видобуток нетрадиційних видів газу (сланцевий газ, меган вугільних родовищ, газ щільних колекторів тощо), є актуальною задачею. Привабливим є факт формування покладів сланцевого газу в межах більшої частини території України, а також наявність розвинутої мережі газопроводів, які можуть забезпечити оперативну доставку видобутого газу.

Необхідне зростання обсягів та інтенсифікація видобування вуглеводневих енергоносіїв передбачається за рахунок збільшення глибин буріння, спорудження похило-скерованих і горизонтальних свердловин. Для видобутку сланцевого газу використовують горизонтальне буріння і гідророзрив пласта.

Ефективність і безпека експлуатації газових свердловин у складних гірничо-технічних умовах залежать від якості та надійності обсадних та насосно-компресорних колон, 70% ускладнень з якими спричинюють розлади різьбових з'єднань. Це призводить до значних матеріальних втрат, зниження продуктивності відбору сировини, забруднення надр і довкілля. Герметичність свердловин є найбільш важливим компонентом безпеки видобування сланцевого газу.

Підвищенню герметичності та надійності роботи різьбових з'єднань труб нафтового сортаменту присвячені роботи таких вітчизняних і зарубіжних вчених: Аветісов А.Г., Білик С.Ф., Булатов А.І., Вислобіцький П.А., Єременко Т.Ю., Ізмайлов Л.Б., Комнатний Ю.Д., Копей Б.В., Коцкулич Я.С., Кошелєв А.Т., Кравець В.В., Крижанівський Є.І., Мочернюк Д.Ю., Павельчак А.В., Песляк Ю.А., Пустовойтенко І.П., Сароян А.С., Сєношкович М.В., Тищенко О.В., Чернов Б.О., Щербюк М.Д., Якубовський М.В. та ін.

Ними запропоновані удосконалені конструкції різьбових з'єднань, технологічні методи підвищення їх довговічності та розрахунків на міцність, розроблені способи і засоби відновлення герметичності різьбових з'єднань.

Тому актуальним завданням є удосконалення різьбових з'єднань у напрямку підвищення їх працездатності для умов високих експлуатаційних навантажень, оскільки при бурінні свердловин для видобування сланцевого газу та їх експлуатації значно складніші умови, ніж при видобуванні природного газу з традиційних покладів. Для вирішення цих завдань необхідно провести теоретичні і експериментальні дослідження, на основі яких можна розробити ефективні методи і засоби підвищення надійності кріплення газових свердловин.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота носить науково-прикладний характер і виконана в рамках держбюджетної теми Д-9-10Ф "Удосконалення наукових основ управління технологічними процесами видобування та транспортування нафти і газу з мінімальними енергозатратами" (№ держреєстрації 0110U000145).

3. Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення працездатності різьбових з'єднань трубних колон при експлуатації газових

ан 2428 - ан 2428

свердловин нетрадиційних покладів за рахунок підвищення міцності і герметичності різьбових з'єднань обсадних та насосно-компресорних труб.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні науково-технічні задачі:

1. Провести аналіз критеріїв працездатності обсадних та насосно-компресорних колон, на основі яких з'ясувати необхідність і напрямки розроблення нових конструкцій з'єднань обсадних та насосно-компресорних труб і удосконалення методів їх розрахунку.

2. Удосконалити пружно-деформаційну модель обсадних і насосно-компресорних труб та їх різьбових з'єднань.

3. Провести графоаналітичні і теоретичні дослідження конструктивних та експлуатаційних чинників працездатності різьбових з'єднань обсадних та насосно-компресорних труб, створивши варіаційну багатовимірну модель.

4. Створити алгоритм оптимізації геометричних параметрів різьбової частини насосно-компресорних труб (НКТ) та методику канонічного перетворення досліджуваної варіаційної багатовимірної графоаналітичної моделі.

5. Розробити методику експериментальних промислових досліджень удосконалених різьбових з'єднань обсадних труб на герметичність та провести їх дослідно-промислові випробування і методику прогнозування залишкового ресурсу НКТ з необхідним значенням ймовірності неруйнування.

Об'єкт дослідження. Працездатність різьбових з'єднань обсадних і насосно-компресорних колон.

Предмет дослідження. Міцність та герметичність різьбових з'єднань обсадних і насосно-компресорних колон.

Методи дослідження.

Теоретичні дослідження проводились за допомогою комплексного методу, що полягає у сумісному використанні графоаналітичного та математичного моделювання об'єкта досліджень. Експериментальні дослідження виконувались на спеціальних лабораторному та промисловому стендах. Основні положення дисертації науково обґрунтовано із залученням математичних методів оброблення та аналізу результатів експериментальних досліджень.

Положення, що виносяться на захист:

1. Удосконалення пружно-деформаційної моделі обсадних і насосно-компресорних труб та їх різьбових з'єднань.

2. Створення конструкції з'єднання труб нафтового сортаменту підвищеної надійності, герметичності і ремонтпридатності.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Удосконалено методику розрахунку напружено-деформованого стану обсадних і насосно-компресорних труб та елементів їх різьбових з'єднань при різних навантаженнях.

2. При дослідженні роботи НКТ у свердловинах з ускладненими умовами експлуатації, зокрема для свердловин підземних сховищ газу та свердловин видобування сланцевого газу, встановлено дію змінних навантажень, які викликають втомні процеси в матеріалі труб.

3. Розроблено алгоритм оптимізації геометричних параметрів різьбової частини НКТ та методика канонічного перетворення досліджуваної варіаційної багатовимірної графоаналітичної моделі.

4. Теоретично обґрунтовано графоаналітичну модель поверхонь зарізьбових розвантажувальних канавок (ЗРК) різьбових з'єднань та запропоновано загальний алгоритм розрахунку площ кільцевих ділянок їх поверхонь.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Удосконалено аналіз силових факторів в елементах різьбового з'єднання при різних способах навантаження.

2. На основі аналізу якісних показників різьбової частини НКТ створено алгоритм оптимізації її геометричних параметрів.

3. Створено загальний алгоритм розрахунку площ кільцевих ділянок поверхонь ЗРК на основі розробленої графоаналітичної моделі.

4. Досліджено умови роботи НКТ у свердловинах з ускладненими умовами експлуатації.

5. Створено удосконалену конструкцію муфтового з'єднання труб нафтового сортаменту підвищеної герметичності і ремонтпридатності, захищеної патентом України на корисну модель.

Особистий внесок здобувача:

1. Провів аналіз впливу ЗРК на опір втомі замкових різьбових з'єднань [11].

2. Здійснив теоретичне обґрунтування форм поверхонь ЗРК різьбових з'єднань труб нафтового сортаменту на основі створеної їх графоаналітичної моделі [6,10]. Запропонував алгоритм розрахунку площ кільцевих ділянок поверхонь ЗРК [8].

3. Удосконалив методику розрахунку конструктивних елементів різьбових з'єднань та аналізу силових факторів в елементах різьбового з'єднання при різних способах навантаження [2,3,4,5,12,15].

4. Розробив алгоритм оптимізації геометричних параметрів різьбової частини НКТ [7,14].

5. Провів аналіз проблем і шляхів підвищення працездатності та герметичності муфтових з'єднань обсадних колон [1,9,13].

6. Автор брав участь у налагодженні дослідно-промислового устаткування, провів експериментальні дослідження та аналіз одержаних результатів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення роботи доповідались на 6-ій Міжнародній науково-практичній конференції: “Нафта і газ України - 2000” (Івано-Франківськ, 2000 р.); “Нафтогазова енергетика: проблеми і перспективи” (м.Івано-Франківськ, 2009 р.); 6-ій міжнародній науково-практичній конференції “Розвиток наукових досліджень 2010” (м.Полтава, 2010 р.); 7-ій всеукраїнській науково-практичній конференції “Інноваційний потенціал української науки - XXI сторіччя” (м.Запоріжжя, 2010 р.); 9-ій Міжнародній науково-практичній конференції: “Простір і час сучасної науки” (Київ, 2013).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 15 наукових праць, з яких 8 статей у фахових наукових журналах [2 - 9], 6 тез доповідей у матеріалах конференції [10 - 15] та патент України на корисну модель [1].

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, основних висновків, списку використаних літературних джерел із 112 найменувань. Робота викладена на 181 сторінці та містить 53 рисунка і 32 таблиці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** наведено загальну характеристику дисертаційної роботи, обґрунтовано її актуальність, сформульовано мету і задачі дослідження, висвітлено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Наведено інформацію про апробацію роботи, розкрито особистий внесок автора у публікаціях.

У **першому розділі** проведено огляд літературних джерел стосовно вивчення умов експлуатації обсадних та насосно-компресорних колон, в результаті чого сформульовано актуальні задачі щодо підвищення конструктивно-технологічними методами міцності і герметичності різьбових з'єднань обсадних і насосно-компресорних труб та відновлення їх працездатності.

Щоб попередити ускладнення з обсадною колоною та колоною НКТ при експлуатації необхідно враховувати можливість виникнення відмов елементів колон, до числа яких входять: відмови різьбового з'єднання, відмови по тілу труби, руйнування по тілу муфти, відкладення смол, парафіну тощо, інші відмови. При створенні конструкції елементів обсадних колон та колон НКТ і підборі матеріалу для їх виготовлення необхідно враховувати наступні критерії працездатності: міцність при дії постійних та змінних навантажень; зносостійкість; корозійна стійкість; герметичність і точність виготовлення.

Практика експлуатації стандартних обсадних та насосно-компресорних труб, а також випробування на розтяг показують, що руйнування різьбових з'єднань з кутом профілю 60° переважно проходять внаслідок виривання труби з муфти при виході витків різьби із зачеплення. Характерним видом руйнування з'єднань з трапецієвидною різьбою є розрив по тілу труби в перерізі останнього згвинченого витка. Важливими чинниками при цьому є механічні характеристики матеріалу та геометричні параметри.

Для забезпечення експлуатаційної надійності необхідно провести графоаналітичні та теоретичні дослідження конструктивних та експлуатаційних чинників працездатності різьбових з'єднань обсадних та насосно-компресорних труб.

Умови збирання різьбових з'єднань суттєво впливають на їх працездатність, зокрема, це міцність і герметичність різьбових з'єднань обсадних труб, які у першу чергу залежать від величини натягу і крутного моменту згвинчування.

Раніше встановлено, що при експлуатації свердловин підземних сховищ газу на колону НКТ на криволінійних ділянках діють змінні згинальні навантаження, які викликані нерівномірністю руху потоку газу. Аналогічні процеси мають місце при роботі НКТ в свердловинах видобування сланцевого газу на криволінійних та горизонтальних ділянках. Пульсації потоку газу викликані інтенсивним його відбором з обмеженого об'єму гірської непроникливої породи, розкритої тріщинами при гідророзриві, а також частковим збільшенням відбору за рахунок підростання тріщин в гірському масиві після завершення гідророзриву. Такі змінні процеси

викликають коливання НКТ, які призводять до розгвинчування з'єднань або до втомних процесів в матеріалі труб і їх з'єднань. Таким чином, можна стверджувати, що при експлуатації НКТ в складних умовах мають місце втомні процеси в їх елементах, тобто вони працюють в умовах схожих, як бурильні колони.

Тому важливою задачею є удосконалення пружно-деформаційної моделі насосно-компресорних труб та їх різьбових з'єднань.

Дослідженнями підтверджено поліпшення пружно-деформаційного стану конструкцій різьбових з'єднань при дії змінних навантажень введенням ЗРК, які виконуються на одній або на двох деталях з'єднання.

Тому необхідно провести теоретичне обґрунтування форм поверхонь ЗРК різьбових з'єднань труб нафтового сортаменту на основі створеної графоаналітичної моделі.

Важливою задачею є розроблення методики експериментальних досліджень удосконалених різьбових з'єднань обсадних труб на герметичність та проведення їх дослідно-промислових випробувань.

Другий розділ присвячений удосконаленню пружно-деформаційної моделі обсадних колон і колон НКТ та їх різьбових з'єднань.

Встановлено, що для розрахунку різьбових з'єднань на міцність необхідно брати до уваги закономірність розподілу внутрішніх нормальних сил, які виникають в поперечних перерізах елементів різьбових з'єднань. Для цього розглянуто два випадки передачі осьового зусилля з однієї труби на іншу за допомогою гострокутної різьби: а) при розтягнутих труб і муфті; б) при розтягнутій труб і стиснутій муфті.

Розглянувши обсадну колону як циліндричну товстостінну оболонку, яка несе складне навантаження, удосконалено методику визначення її осесиметричного напружено-деформованого стану із використанням рівнянь теорії пружності. Отримано повну систему рівнянь, що дозволяє визначити напруження та деформації в обсадній трубі, яка знаходиться під дією складного навантаження.

Напружений стан оболонки характеризують нормальні радіальні σ_r , колові σ_φ та осьові σ_z напруження.

Для дослідження напруженого стану труби, в якій внаслідок певних чинників виникли залишкові деформації, застосовуємо рівняння уточненої теорії оболонок С.П.Тимошенка з урахуванням податливості матеріалу на зсув та обтиснення. Трубу круглого поперечного перерізу з товщиною стінки $2h$ моделюємо скінченою циліндричною оболонкою радіусом R , серединна поверхня S якої (поверхня, рівновіддалена від лицевих поверхонь S^\pm) віднесена до лінії кривизни α_1 (твірні оболонки) і α_2 (напрявні оболонки). Введемо безрозмірні координати α ($\alpha = \alpha_1$ - безрозмірна довжина твірної) і φ ($\varphi = \alpha_2$ - центральний кут дуги напрямної). Вісь z спрямуємо від осі оболонки по радіусу (зовнішньої нормалі до серединної поверхні) (рис.1). Початок координат вибрано в точці серединної поверхні всередині кільцевої зони $-h \leq \alpha \leq h$ труби, де локалізовано поле залишкових деформацій. Припускаємо симетричний відносно осі α циліндричної оболонки розподіл залишкових деформацій.

Згідно з вибраною аналітичною моделлю та способом задання збуреного напружено-деформованого стану розрахунок напружень у довільній точці труби виконуємо за формулами:

$$\bar{\sigma}_{11}(\alpha, \bar{z}) = \frac{d\bar{u}}{d\alpha} + \nu\bar{w} + \frac{h}{R} \frac{d\gamma}{d\alpha} \bar{z} + \lambda\bar{\sigma}_{33}(\alpha, \bar{z}) - (k - \nu)\psi(\alpha),$$

$$\bar{\sigma}_{22}(\alpha, z) = \bar{w} + \nu \left[\frac{d\bar{u}}{d\alpha} + \frac{h}{R} \frac{d\gamma}{d\alpha} \bar{z} \right] - (1 + \nu k)\psi(\alpha) + \lambda\bar{\sigma}_{33}(\alpha, \bar{z}),$$

$$\bar{\sigma}_{33}(\alpha, \bar{z}) = \frac{3\bar{E}}{E_0} (1 - \bar{z}^2) \left\{ \lambda \left[\frac{d\bar{u}}{d\alpha} + \bar{w} \right] - (1 - \lambda)(1 + k)\psi(\alpha) \right\},$$

$$\bar{\sigma}_{13}(\alpha, z) = \frac{5}{6} (1 - \nu) \left(\gamma + \frac{d\bar{w}}{d\alpha} \right) (1 - \bar{z}^2)$$

Індекси 1,2,3 відповідають напрямам осей координат α, φ, z .

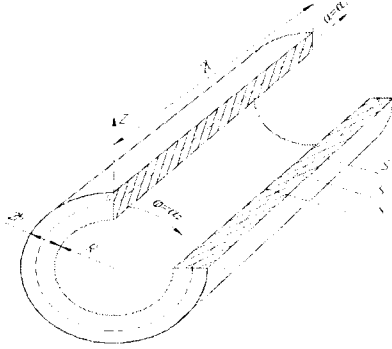


Рисунок 1 Розрахункова схема для дослідження напруженого стану труби

У наведених вище формулах для ізотропного матеріалу:

$$\bar{\sigma}_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{E_0 \varepsilon_0}; \quad \lambda = \frac{\nu}{1 - \nu}; \quad E_0 = \frac{E}{1 - \nu^2}; \quad \bar{E} = \frac{(1 - \nu)E}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}; \quad \bar{z} = z/h, \quad -h \leq z \leq h;$$

E – модуль пружності;

ν – коефіцієнт Пуассона;

функція $\psi(\alpha)$ описує поле залишкових деформацій;

$\bar{u} = u / (R \varepsilon_0^*)$, $\bar{w} = w / (R \varepsilon_0^*)$ – безрозмірні величини осьового і нормального

переміщень оболонки;

$\gamma = \gamma_1 / \varepsilon_0^*$ – приведений кут повороту нормального елемента до її серединної поверхні.

Встановлено такі граничні умови:

$$\bar{u} = 0, \quad \gamma = 0, \quad \frac{d\bar{w}}{d\alpha} = 0 (\alpha = 0), \quad \bar{w} = 0, \quad \frac{dy}{d\alpha} = 0, \quad \gamma + \frac{d\bar{w}}{d\alpha} = 0 (\alpha = L).$$

При $\alpha = 0$ виконуються умови симетрії, а при $\alpha = L$ – умови вільного краю.

Отриманий розв'язок дає повну картину напруженого стану труби скінченної довжини за заданим початковим збуреним станом (вважається, що задано величину і розподіл залишкових деформацій). Це дає можливість виконувати розрахунок на міцність труби за заданими експлуатаційними навантаженням.

Третій розділ присвячений графоаналітичним і теоретичним дослідженням геометричних параметрів труб нафтового сортаменту, які впливають на їх працездатність.

Враховуючи пріоритетність показників якості різьби НКТ, вибрано для дослідження такі геометричні параметри:

- для труби: крок різьби (x_1); висота профілю різьби (x_2);
- для муфти: кут різьби (x_3); ширина зовнішньої фаски (x_4).

Склавши матрицю даних факторного експерименту НКТ (табл.1), отримано математичну модель у кодових значеннях для факторного експерименту типу 2^4 , яка описується такою формулою:

$$B = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4 + b_{12} X_1 \cdot X_2 + b_{13} X_1 \cdot X_3 + b_{23} X_2 \cdot X_3 + b_{123} X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 + b_{14} X_1 \cdot X_4 + b_{24} X_2 \cdot X_4 + b_{34} X_3 \cdot X_4 + b_{124} X_1 \cdot X_2 \cdot X_4 + b_{134} X_1 \cdot X_3 \cdot X_4 + b_{234} X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 + b_{1234} X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4.$$

Таблиця 1 Матриця даних факторного експерименту НКТ

Рівні факторів та інтервали варіювання	Натуральні значення для кодованих позначень факторів			
	X1 (крок різьби труби, мм)	X2 (висота профілю різьби труби, мм)	X3 (кут різьби муфти)	X4 (ширина зовнішньої фаски, мм)
Верхній рівень (+1)	2,660	1,462	31 ⁰	1,1
Нижній рівень (-1)	2,420	1,312	29 ⁰	0,9
Нульовий рівень X0	2,540	1,412	30 ⁰	1,0
Інтервал варіювання	0,120	0,075	1 ⁰	0,1

Дослідження математичної моделі полягає у перетворенні рівняння другого порядку в канонічну форму, тобто знаходження рівняння, що характеризує форму поверхні і дозволяє поділити всі k -вимірні поверхні відгуку на: 1) такі, що мають екстремум; 2) мінімаксі; 3) типу зростаючого підвищення ("гребня").

Якщо характеристичні числа $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ будуть коефіцієнтами в канонічному виді форми, то спрямувавши координатні осі вздовж головних напрямів форми, тобто якщо осі абсцис, ординат і аплікат спрямовані відповідно вздовж першого, другого і третього головних напрямів, то λ_1 буде коефіцієнтом при квадраті абсциси, λ_2 – при квадраті ординати, λ_3 – при квадраті аплікати.

Створення єдиної графоаналітичної моделі поверхонь ЗРК має теоретичне і практичне значення.

У загальному випадку форми поверхонь ЗРК є поверхнями обертання 4-го (рис.2) і 2-го порядків (рис.3).

При складанні алгоритмів конструювання поверхонь ЗРК будемо користуватися такими параметрами:

R – радіус торцевого (базового) перерізу;

R_i – радіус i -того перерізу;

L_i – довжина відсіку (кільцевої дільниці) поверхні, обмежена базовим та i -тим перерізом;

α_i – кут нахилу дотичної (проведеної до крайньої твірної) до осі поверхні ЗРК.

У загальному випадку твірна крива 2-го порядку займає довільне положення відносно осі обертання поверхні ЗРК, утворюючи при цьому тороїдальну поверхню (рис.2).

У часткових випадках, коли вісь твірної кривої другого порядку співпадає з віссю муфти (труби) або твірна пряма лінія, отримасмо такі можливі поверхні обертання: еліпсоїд (рис.3), гіперboloїд, параболоїд, сфера, конус, циліндр.

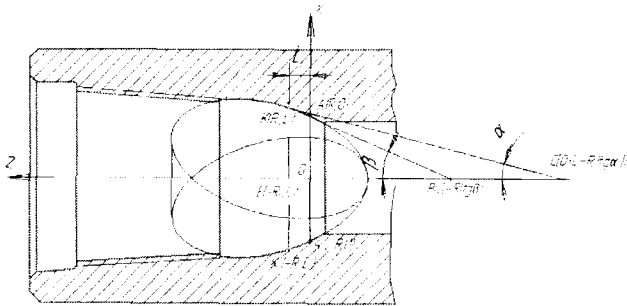


Рисунок 2 – ЗРК у формі поверхні обертання 4-го порядку

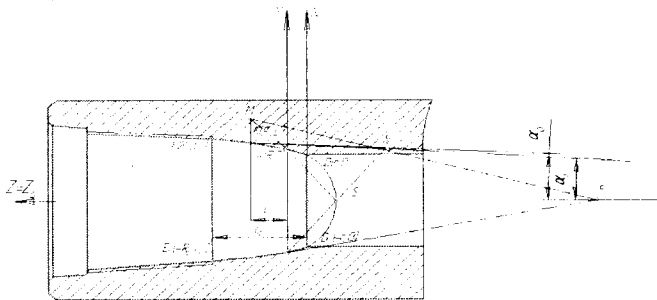


Рисунок 3 ЗРК у формі поверхні обертання 2-го порядку

Рівняння поверхонь обертання визначасмо за формулами:

- тора:

$$x^4 + y^4 + z^4 + 2x^2y^2 + 2x^2z^2 + 2y^2z^2 - 4b(x^2z + y^2z + z^3) - 2(x^2 + y^2) \times \\ \times (R_i^2 + L_i^2 + 2aR_i + 2a^2 - 2L_i b) - 2z^2[(b - L_i)^2 + R_i(R_i + 2a)] + \\ + 4zb(R_i^2 + L_i^2 + 2R_i a - 2bL_i) - (R_i^2 - L_i^2)^2 + 4R_i^3 a - 4R_i^2(a^2 + L_i b) + \\ + 4aL_i R_i(L_i - b) - 4L_i^3 b = 0;$$

- еліпсоїда і гіперboloїда обертання

$$x^2 L_i^2 + y^2 L_i^2 + z^2 (R_i^2 - 2R_i L_i \operatorname{tg} \alpha_i - R_i^2) + z(R^2 + R_i L_i \operatorname{tg} \alpha_i - R_i^2) 2L_i - L_i^2 R^2 = 0.$$

Вид поверхні визначається за дискримінантом $D = L_i^2 (R_i^2 - 2R_i L_i \operatorname{tg} \alpha_i - R_i^2)$.

Якщо $D > 0$, то твірна крива лінія – еліпс, якщо $D < 0$, то твірна – гіпербола.

При обертанні цих кривих навколо осі OZ утворюються відповідні поверхні обертання: еліпсоїд і гіперboloїд;

- параболоїда обертання

$$x^2 + y^2 - 2R_i z \operatorname{tg} \alpha_i + R_i(2L_i \operatorname{tg} \alpha_i - R_i) = 0;$$

- конуса обертання

$$\frac{R_i^2}{\operatorname{tg}^2 \alpha_i} x^2 + \frac{R_i^2}{\operatorname{tg}^2 \alpha_i} y^2 - R_i^2 z^2 + 2R_i^2 L_i z + \frac{2R_i^3}{\operatorname{tg} \alpha_i} L_i - R_i^2 (L_i^2 + \frac{R_i^2}{\operatorname{tg}^2 \alpha_i}) = 0;$$

- циліндра обертання

$$x^2 + y^2 = R_i^2.$$

Отже, графоаналітична модель для низки поверхонь, у яких твірна визначена як функція габаритних розмірів поверхні, однозначно визначає будь-яку конкретну форму ЗРК, дозволяє розв'язувати різні задачі, пов'язані з проєктуванням і функціонуванням ЗРК.

Запропоновано графічну модель та загальний алгоритм розрахунку площ кільцевих ділянок поверхонь ЗРК, для яких розроблена єдина графоаналітична модель і які є відсіками поверхонь обертання. Площа відсіку поверхні обертання $S_i = f(R, R_i, L_i, \alpha_i)$. Отримано аналітичний розв'язок даної задачі.

Таким чином, проведено графоаналітичні і теоретичні дослідження геометричних параметрів різьбових з'єднань труб нафтового сортаменту, які впливають на їх працездатність.

Основною задачею **четвертого розділу** є теоретичні дослідження впливу конструктивних та експлуатаційних чинників на працездатність різьбових з'єднань.

Проведено аналіз силових факторів в елементах різьбового з'єднання: а) при розтягнутій трубі і муфті; б) при розтягнутій трубі і стиснутій муфті. Взято обсадні труби діаметром $d = 146$ мм з товщиною стінки $\delta = 10$ мм. Розміри різьбового з'єднання труби і муфти взяті згідно зі стандартом. У з'єднанні труб використовується різьба конусністю 1:16, з кроком 3,175 мм і з кутом профілю 60° .

Для більш точного розрахунку площ поперечних перерізів F_1^i та F_2^i відповідно труби і муфти вздовж різьби (нитки з повним профілем), починаючи від основної площини, взято 20 перерізів (від 0 до 19) з інтервалом, що дорівнює кроку різьби.

Для розрахунків площ i -того поперечного перерізу труби і муфти використовується приведений діаметр.

Графіки розподілу дотичних зусиль, які діють на витки різьби, нормальних зусиль в муфті та нормальних зусиль в трубі при розтягнутій трубі і муфті та розтягнутій трубі і стиснутій муфті подано на рис.4.

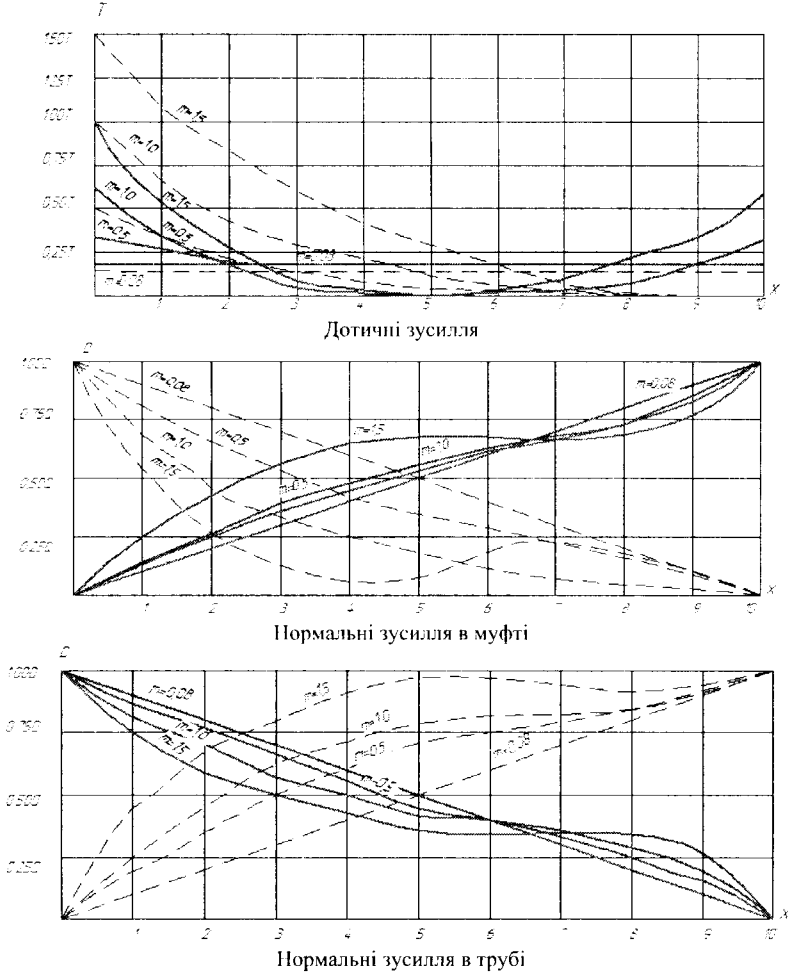


Рисунок 4 –Графіки розподілу зусиль, які діють на витки різьби при різних значеннях m :

— при розтягнутих муфті і трубі;

- - - - - при розтягнутій трубі і стиснутій муфті

Використавши вирази поділених різниць, створено формули у вигляді інтерполяційних поліномів третього та четвертого степенів інтенсивності розподілу нормальних зусиль вздовж різьби в трубі і муфті залежно від параметра m .

Таким чином, для розрахунку різьбових з'єднань на міцність необхідно брати до уваги закономірність розподілу внутрішніх нормальних сил, які виникають в поперечних перерізах елементів різьбового з'єднання.

Оскільки зовнішній діаметр НКТ менший від внутрішнього діаметра обсадної колони, це робить можливим поперечні відхилення пружної осі НКТ відносно осі свердловини, що, в свою чергу, спричинятиме виникнення нормальних напружень від згину. Враховуючи специфіку навантаження НКТ, ці напруження можуть носити циклічний характер та ініціювати втомні процеси в матеріалі НКТ.

У цьому розділі розроблено та на конкретному прикладі підтверджено явище виникнення нормальних напружень від згину у зв'язку з відхиленням пружної осі НКТ відносно осі свердловини.

Форма пружної осі, що відповідає кожному із положень, зображених на рис.5, передусім залежить від наступних чинників: 1) радіальної складової власної ваги НКТ; 2) осевої складової власної ваги НКТ (тобто сили розтягу від власної ваги – Q_1); 3) сили розтягу Q_2 від колони НКТ, що знаходиться нижче розглядуваної ділянки свердловини; 4) додаткової сили розтягу Q_3 від стовпа рідини, що перекачується.

Для аналізу напружено-деформованого стану скористасмося наступним диференціальним рівнянням пружної осі балки та його розв'язком відповідно

$$EI \frac{d^4 y(x)}{dx^4} - Q_1 y''(x) = -q_r,$$

$$y(x) = C_1 \frac{EI}{Q} \exp\left(\sqrt{\frac{Q}{EI}} x\right) + C_2 \frac{EI}{Q} \exp\left(-\sqrt{\frac{Q}{EI}} x\right) + \frac{q_r x^2}{2Q} + C_3 x + C_4,$$

де $q_r = q \sin\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2}\right)$ – радіальна складова власної ваги НКТ

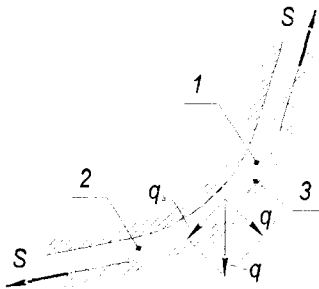


Рисунок 5 – Можливі положення осі НКТ в обсадженому стовбурі свердловини

Для визначення невідомих констант C_1, C_2, C_3, C_4 скористасмося системою крайових умов:

$$\begin{cases} y(0) = 0 \\ y''(0) = 0 \\ y(l) = 0 \\ y''(l) = 0. \end{cases}$$

Невідому силу розтягу Q та довжину балки l , визначимо, виходячи з умов:

$$y'(0) = \psi; \quad \nu_1 < y'(l/2) < \nu_2.$$

$$\text{Тут } \psi = L/2R, \quad v_1 = \frac{R}{\cos\psi} - \frac{l \operatorname{tg}\psi}{2} - R + (D - 2h_1 - d), \quad v_2 = \frac{R}{\cos\psi} - \frac{l \operatorname{tg}\psi}{2} - R.$$

У приведених вище формулах:

d – зовнішній діаметр НКТ, мм; h – товщина стінки НКТ, мм; q – вага одиниці довжини НКТ, Н/м; D – зовнішній діаметр труб обсадної колони, мм; h_1 – товщина стінки обсадної труби, мм; L – довжина вздовж осі свердловини, м; α_1 – зенітний кут на початку; α_2 – зенітний кут на закінченні; R – радіус кривизни.

Розрахунок показує, що у криволінійних ділянках свердловин, які знаходяться ближче до гирла, а зенітні кути не набувають значних величин, домінуючим навантаженням є осьовий розтяг із змінною амплітудою та суттєвим коефіцієнтом асиметрії циклу, який зменшується у напрямку до вибою. Для проаналізованого у дисертації розрахунку свердловини (№93 Довбушансько-Бистрицького родовища) коефіцієнт асиметрії для першої ділянки дорівнює $R = 0,96$, а для другої – $R = 0,94$.

Для криволінійних ділянок, які знаходяться ближче до вибою, величина статичної складової осьового розтягу зменшується порівняно зі змінною складовою. На таких ділянках додатково можуть виникати змінні напруження згину.

Для забезпечення надійної роботи НКТ, окрім інформації про їх напружено-деформований стан, слід також мати і характеристики опору втомі.

У четвертому розділі запропоновано метод оцінки сумісності НКТ зі свердловинним середовищем, особливо при видобуванні сланцевого газу.

Значення допустимої глибини спуску НКТ приймається найменшим із розрахункових результатів, які отримані:

- за напруженнями в тілі труби;
- за зусиллям вириву різьби у муфтовому з'єднанні;
- за умовами розриву труби в перерізі останнього витка різьби.

Запропоновано чотири підходи до оцінки залишкового ресурсу НКТ:

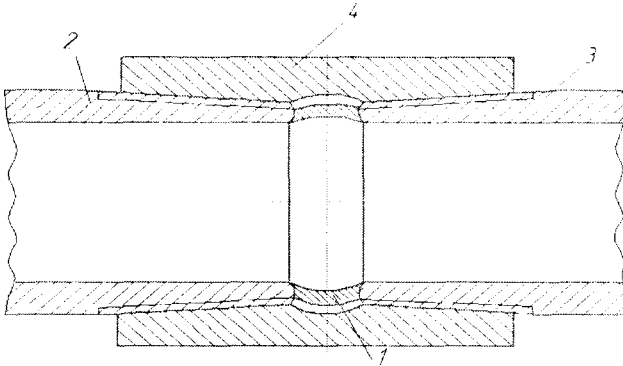
- 1) метод ймовірнісного розрахунку залишкового ресурсу на основі статистичних вимірювань початкової товщини стінок труб;
- 2) розрахунок залишкового ресурсу на основі вимірювання глибини корозійного пошкодження поверхонь труб;
- 3) розрахунок залишкового ресурсу НКТ на основі лабораторних досліджень швидкості корозії трубних зразків;
- 4) розрахунок залишкового ресурсу за результатами втомних випробувань.

У п'ятому розділі розроблено і запропоновано пристрій для герметизації муфтових з'єднань обсадних труб, підвищення працездатності якого відбувається за рахунок зростання міцності герметизуючої втулки шляхом зменшення і розподілу деформацій втулки на всю її довжину та підвищення герметичності контакту втулки з трубою завдяки збільшенню його площі. Пристрій захищений патентом України на корисну модель. Пристрій для герметизації простий у виготовленні.

Виконання пристрою із втулкою, у якій поверхні та товщина стінки криволінійно змінюються по їх довжині, утворюючи поверхні другого і четвертого порядків, забезпечує при згинчуванні з'єднання деформування кожної криволінійної ділянки і тим самим розподілення деформацій на всю довжину втулки. Завдяки цьому на

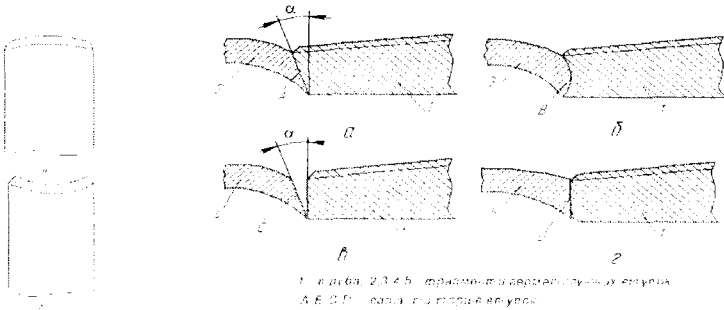
окремих ділянках виникають менші за величиною і пружні за характером деформації, які не досягають значень залишкових пластичних деформацій. Це підвищує міцність втулки і вона може забезпечити герметичність з'єднання при вищих внутрішніх тисках.

На рис.6 зображено загальний вигляд запропонованого пристрою, встановленого у муфтовому з'єднанні труб. Варіанти виконання поверхонь герметизуючої втулки показано на рис.7, а на рис.8 – варіанти контакту втулки і труби з торцями різної форми.



1 - герметизуюче кільце, 2 - труби, 3 - муфта

Рисунок 6 – Загальний вигляд пристрою для герметизації муфтових з'єднань труб



1 - муфта, 2, 3, 4, 5 - варіанти торцевих поверхонь втулки
A, B, C, D - варіанти торців труб

Рисунок 7 - Варіанти виконання поверхонь герметизуючої втулки

Рисунок 8 - Варіанти контакту втулки і труби

Дослідно-промислова перевірка удосконаленого муфтового з'єднання труб була проведена на трубній базі нафтогазовидобувного управління "Долина нафтогаз"

(м. Долина Івано-Франківської обл.), про що свідчить акт впровадження результатів розробок:

1) на стенді для пневматичних ($P_{пр.}$ до 0,6 МПа) і гідравлічних випробувань трубопровідної арматури $DN10 - 400$ мм, P_{max} 105 МПа у вертикальному положенні ПКТБА-СИ-1;

2) на стаціонарній установці У-700 виробництва Сизранського заводу "Нефтемашремонт" (м. Сизрань, Росія).

Експериментальний зразок складається з опорного фланця з привареним до нього ніпелем, муфти, набору герметизуючих кілець, ніпеля.

На рис.9 подано загальний вигляд стенду з експериментальним зразком.

Для встановлення запасу надійності і герметичності удосконалених з'єднань при опресуванні задавали найбільший допустимий тиск. Максимальний тиск 63 МПа обмежений можливістю установки У-700.

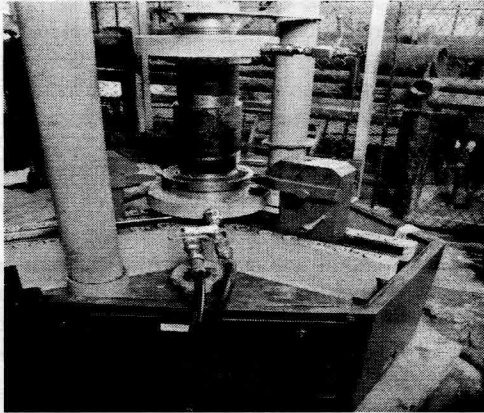


Рисунок 9 – Загальний вигляд стенду з експериментальним зразком

Для визначення залишкового ресурсу НКТ за результатами втомних випробувань проведені лабораторні дослідження різьбового з'єднання НКТ з умовним діаметром 89 мм, виготовленої з сталі групи міцності Л ($\sigma_m = 640 \div 665$ МПа, твердість $200 \div 210$ НВ).

Результати натурних втомних досліджень приведені на рис.10. у вигляді кривої втоми в логарифмічних координатах, які описуються двопараметричним рівнянням у вигляді

$$\lg(\sigma_a)_n = b \lg N + a,$$

де a і b - параметри, які визначаються за результатами натурних втомних випробувань;

$(\sigma_a)_n$ – зведені до симетричного циклу амплітудні напруження асиметричного циклу, МПа;

N – довговічність – кількість циклів до руйнування.

$$(\sigma_a)_n = \sigma_{3\epsilon} + \psi_{\sigma} \sigma_p,$$

де $\sigma_{3\epsilon}$ – максимальні напруження згину в площині руйнування, МПа;

ψ_{σ} – коефіцієнт чутливості до асиметрії циклу досліджуваної деталі;

σ_p – напруження розтягу (середні напруження циклу) в площині руйнування, МПа.

Двопараметричне рівняння кривої втоми в логарифмічних координатах переважно застосовується для описування корозійно-втомних процесів. Враховуючи те, що зразки для втомних досліджень різьбових з'єднань НКТ – це відрізки натурних НКТ, які експлуатувались в реальних умовах, де піддавались дії корозійного середовища, а в процесі випробувань в різьбових з'єднаннях протікають процеси фретінг-корозії, то характер їх руйнування відповідає корозійно-втомному механізму. На поверхні руйнування (рис.11) чітко видно зародження кількох корозійно-втомних тріщин, що підтверджує природу руйнування досліджуваного різьбового з'єднання НКТ за корозійно-втомним механізмом. Це дозволяє стверджувати, що використання двопараметричного рівняння кривої втоми в логарифмічних координатах є коректним.

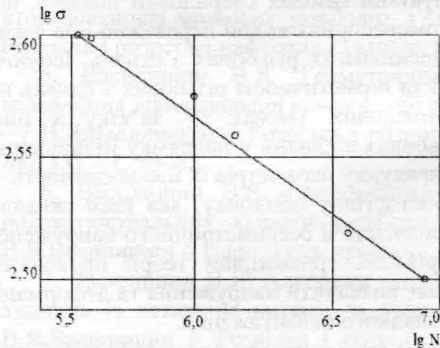


Рисунок 10 – Крива втоми різьбового з'єднання НКТ діаметром 89 мм в логарифмічних координатах



Рисунок 11 – Поверхня втомного руйнування різьбового з'єднання НКТ діаметром 89 мм, виготовленого з сталі групи міцності Л

Враховуючи те, що для однотипних деталей, якими і є різьбові з'єднання НКТ одного типорозміру, кутовий коефіцієнт b є сталою величиною, а границя витривалості змінюється від деталі до деталі і визначається розсіюванням окремих їх значень за законом нормального розподілу. Після статистичної обробки результатів втомних досліджень натурних різьбових з'єднань НКТ діаметром 89 мм, виготовлених із сталі групи міцності Л, отримали параметри кривої втоми:

$$a = 403,1; \quad b = 10,45.$$

Отже, рівняння втрати даного з'єднання з ймовірністю неруйнування 50% має вигляд:

$$\lg(\sigma_a)_n = 10,45 \lg N + 403,1.$$

При необхідності за результатами статистичної обробки можна отримати рівняння кривих втрати з більш високою ймовірністю неруйнування.

Рівняння кривої втрати дає можливість визначити залишковий ресурс з'єднання за відомим значенням вичерпаної частини ресурсу на даний час.

При цьому необхідно враховувати, що значення коефіцієнта сумування втомних пошкоджень для різьбових з'єднань труб нафтового сортаменту відрізняється від одиниці і для трубних різьб бурильних колон має значення 1,7. Ці з'єднання геометрично подібні.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень розв'язано важливу науково-технічну задачу підвищення працездатності різьбових з'єднань обсадних та насосно-компресорних труб шляхом удосконалення вузлів герметизації з'єднань, конструктивних параметрів та прогнозування довговічності з врахуванням експлуатаційних навантажень, що забезпечує надійність кріплення та безпеку експлуатації газових свердловин.

При цьому отримані такі основні результати:

1. Аналіз надійності кріплення та експлуатації газових свердловин показав, що втрата працездатності обсадних і насосно-компресорних колон переважно пов'язана з конструктивними і технологічними відхиленнями їх різьбових з'єднань. Існуючі методи забезпечення і відновлення міцності та герметичності різьбових з'єднань не достатньо ефективні у конкретних промислових умовах. У зв'язку з цим обґрунтовано необхідність розроблення різьбових з'єднань у напрямку підвищення їх герметичності, удосконалення методів розрахунку параметрів їх працездатності.

2. Розглянуто трубу як циліндричну товстостінну оболонку, яка несе складне навантаження, і удосконалено методику визначення її осесиметричного напружено-деформованого стану із використанням рівнянь тривимірної теорії пружності. Отримано повну систему рівнянь, що дозволяє визначити напруження та деформації в обсадній трубі, яка знаходиться під дією складного навантаження.

3. Проведено графоаналітичне дослідження геометричних параметрів різьбових з'єднань, зокрема зарізьбових розвантажувальних канавок, які є поверхнями обертання 4-го і 2-го порядку, що дозволило створити варіаційну багатомірну графоаналітичну модель для оптимізації геометричних параметрів. В результаті отримано уточнені закономірності впливу конструктивних та експлуатаційних чинників на працездатність різьбових з'єднань труб, які є найбільш відповідальним елементом колон.

4. Розроблено і запропоновано пристрій для герметизації муфтових з'єднань обсадних труб, підвищення працездатності якого відбувається за рахунок зростання міцності герметизуючої втулки шляхом зменшення і покращення розподілу деформацій втулки на всю її довжину та підвищення герметичності контакту втулки

з трубою завдяки збільшенню його площі. Пристрій захищений патентом України на корисну модель і пройшов дослідно-промислово перевірку на надійність та герметичність при тиску до 60 МПа.

5. Встановлено та для реальної свердловини розраховано нормальні напруження від згину при відхиленні НКТ відносно осі свердловини. Враховуючи специфіку навантаження НКТ при глибиннонасосному способі експлуатації, встановлено що ці напруження носять циклічний характер та ініціюють втомні процеси в матеріалі НКТ. За результатами лабораторних досліджень отримані параметри кривої втоми та запропоновано методику прогнозування залишкового ресурсу НКТ із заданою ймовірністю неруйнування.

Основний зміст роботи опублікований в наступних працях:

1. Патент на корисну модель № 68732. МПК E21B 17/00 F16L 15/04. Пристрій для герметизації муфтових з'єднань труб / Крижанівський Є.І., Палійчук І.І., Василюшин В.Я. – Опубл. 10.04.2012, Бюл. № 7.

2. Василюшин В.Я. Аналіз силових факторів в елементах різьбового з'єднання при зустрічному способі навантаження / В.Я.Василюшин // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. – №2(27). – С.62-66.

3. Василюшин В.Я. Аналіз силових факторів в елементах різьбового з'єднання при односторонньому способі навантаження / В.Я.Василюшин // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2010. – №1(34). – С.106 – 108.

4. Василюшин В.Я. Вплив крутного моменту згинчування на опір втомлюваності замкових різьбових з'єднань бурильних труб / В.Я.Василюшин // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. 2010. – №4(37.). – С.55-58.

5. Василюшин В.Я. Геометрична суть і аналітичний опис алгоритмів визначення діаметральної компенсації похибки кроку конічних різьбових з'єднань. – / В.Я.Василюшин // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2010. №2(35). – С.59-62.

6. Василюшин В.Я. Графоаналітичне моделювання поверхонь зарізьбових розвантажувальних канавок різьбових з'єднань труб нафтового сортаменту / В.Я.Василюшин // Нафт. і газ. пром-сть. 1999. – № 36. – С. 167-173.

7. Василюшин В.Я. Алгоритм оптимізації геометричних параметрів різьбових з'єднань із вставним витком за умов міцності і навантажувальної здатності / В.Я.Василюшин // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. 2006. – №4(21). – С.82-85.

8. Василюшин В.Я. Алгоритм розрахунку площ кільцевих ділянок поверхонь зарізьбових розвантажувальних канавок. – / В.Я.Василюшин // Науковий вісник. – 2010. – №2(24). – С.77-80.

9. Палійчук І.І., Василюшин В.Я., Щеглюк П.В., Рокеський С.П. Аналіз проблем та шляхів підвищення надійності і герметичності муфтових з'єднань обсадних колон / І.І.Палійчук, В.Я.Василюшин, П.В.Щеглюк, С.П.Рокеський // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2012. – №1(42). – С.169-176.

10. Василюшин В.Я. Теоретичне обґрунтування форм поверхонь зарізьбових розвантажувальних канавок різьбових з'єднань труб нафтового сортаменту / В.Я.Василюшин // Матеріали 6-ої Міжнародної науково-практичної конференції:

“Нафта і газ України – 2000”. Зб. Наук. праць. Том 2. Івано-Франківськ: Факел, 2000. – С. 297–299.

11. Василюшин В.Я. Аналіз впливу зарізьбової розвантажувальної канавки на опір втомленості замкових різьбових з’єднань / В. Я. Василюшин: Збірник доповідей учасників сьомої всеукраїнської науково-практичної конференції [“Інноваційний потенціал української науки – XXI сторіччя”]. – Запоріжжя: Видавництво ПГА, 2010. – С. 67- 70.

12. Василюшин В.Я. Аналіз впливу крутного моменту згинчування на опір втомленості різьбових з’єднань нафтогазопромислового обладнання /В.Я.Василюшин: Матеріали шостої міжнародної науково-практичної конференції [“Розвиток наукових досліджень 2010”]. Том 8. – Полтава: Вид-во “ІнтерГрафіка”, 2010. – С.16-20.

13. Василюшин В.Я. Шляхи підвищення надійності та герметичності муфтових з’єднань обсадних колон // Матеріали 9-ї Міжнародної науково-практичної конференції: “Простір і час сучасної науки”. Ч.3. Київ, 2013. – С.37 – 39.

14. Василюшин Я.В., Василюшин В.Я. Оптимізація геометричних параметрів різьбової частини насосно-компресорних труб // Матеріали 9-ї Міжнародної науково-практичної конференції: “Простір і час сучасної науки”. Ч.3. Київ, 2013. – С.33 – 37.

15. Василюшин В.Я. Аналіз впливу крутного моменту згинчування на опір втомленості різьбових з’єднань нафтогазопромислового обладнання /В.Я.Василюшин: Матеріали шостої міжнародної науково-практичної конференції [“Розвиток наукових досліджень 2010”]. Том 8. – Полтава: Вид-во “ІнтерГрафіка”, 2010. – С.16-20.

АНОТАЦІЯ

Василюшин В.Я. Підвищення працездатності різьбових з’єднань труб нафтового сортаменту. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.12 машини нафтової та газової промисловості. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. - Івано-Франківськ, 2010.

Дисертаційна робота присвячена теоретичним та експериментальним дослідженням важливої науково-технічної задачі підвищення працездатності різьбових з’єднань обсадних та насосно-компресорних труб. Аналіз надійності кріплення та експлуатації газових свердловин показав, що втрата працездатності обсадних і насосно-компресорних колон переважно пов’язана з конструктивними і технологічними відхиленнями їх різьбових з’єднань. У зв’язку з цим обґрунтовано необхідність розроблення різьбових з’єднань у напрямку підвищення їх герметичності, удосконалення методів розрахунку параметрів працездатності. Удосконалено методику визначення осесиметричного напружено-деформованого стану циліндричної товстостінної оболонки – труби із використанням рівнянь тривимірної теорії пружності. Подано розрахунок напружень у будь-якій точці труби згідно з вибраною аналітичною моделлю та способом задання збуреного напружено-деформованого стану. Запропоновано метод оцінки сумісності НКТ зі

свердловинним середовищем, особливо при видобуванні сланцевого газу, а також чотири підходи до оцінки залишкового ресурсу насосно-компресорних труб. Отримано уточнені закономірності впливу конструктивних та експлуатаційних чинників на працездатність різьбових з'єднань труб, які є найбільш відповідальним елементом колон. Проведено графоаналітичне дослідження геометричних параметрів різьбових з'єднань, зокрема зарізьбових розвантажувальних канавок, що дозволило створити варіаційну багатомірну графоаналітичну модель для оптимізації геометричних параметрів. Розроблено і запропоновано пристрій для герметизації муфтових з'єднань обсадних труб. Пристрій захищений патентом України на корисну модель і пройшов дослідно-промислову перевірку на герметичність. За результатами лабораторних досліджень насосно-компресорних труб отримані параметри кривої втоми та запропоновано методика прогнозування залишкового ресурсу труб із заданою ймовірністю неруйнування.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: різьбові з'єднання, обсадні труби, насосно-компресорні труби, працездатність, герметичність.

АННОТАЦІЯ

Василишин В.Я. "Повышение работоспособности резьбовых соединений труб нефтяного сортамента" - Рукопись

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.12 - машины нефтяной и газовой промышленности. Ивано - Франковский национальный технический университет нефти и газа. - Ивано - Франковск, 2013

Диссертация посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям важной научно-технической задачи повышения работоспособности резьбовых соединений обсадных и насосно - компресорных труб. Анализ надежности крепления и эксплуатации скважин показал, что потеря трудоспособности обсадных и насосно-компресорных колонн преимущественно связана с конструктивными и технологическими отклонениями их резьбовых соединений. В связи с этим обоснована необходимость разработки резьбовых соединений в направлении повышения их герметичности, усовершенствование методов расчета параметров работоспособности. Усовершенствована методика определения осесимметричного напряженно-деформированного состояния цилиндрической толстостенной оболочки - трубы с применением уравнений трехмерной теории упругости. Подано расчет напряжений в произвольной точке трубы согласно выбранной аналитической модели и способом задания возмущенного напряженно - деформированного состояния. Предложен метод оценки совместимости НКТ со средой скважины, особенно при добыче сланцевого газа, а также четыре подхода к оценке остаточного ресурса насосно-компресорных труб. Получены уточненные закономерности влияния конструктивных и эксплуатационных факторов на работоспособность резьбовых соединений труб, которые являются наиболее ответственным элементом колонн. Проведены графоаналитические исследования геометрических параметров резьбовых соединений, в частности резьбовых разгрузочных канавок, что позволило создать вариационную многомерную графоаналитическую модель для оптимизации геометрических параметров. Разработано и предложено устройство для

герметизации муфтовых соединений обсадных труб. Устройство защищено патентом Украины на полезную модель и прошло опытно - промышленную проверку на герметичность. По результатам лабораторных исследований насосно-компрессорных труб получены параметры кривой усталости и предложена методика прогнозирования остаточного ресурса труб с требуемым значением вероятности разрушения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: резьбовые соединения, обсадные трубы, насосно-компрессорные трубы, работоспособность, герметичность.

ABSTRACT

Vasylyshyn VJ Improving the performance of threaded pipe connections oil grades. – Manuscript

Dissertation for the degree of Ph.D., specialty 05.05.12 - machinery oil and gas industry. Ivano -Frankivsk National Technical University of Oil and Gas. - Ivano - Frankivsk, 2013.

This thesis is devoted to theoretical and experimental investigation of important scientific and technical problems increase efficiency of threaded joints of casing and tubing. Reliability analysis mounting and operation of gas wells showed that disability casing and tubing mainly related to structural and technological deviations of threaded connections. In this regard, the necessity of developing threaded joints in enhancing their integrity, improved methods of calculating the parameters of efficiency. Improved method for determining the axisymmetric stress-strain state of thick-walled cylindrical shell- tube using three-dimensional equations of elasticity. A complete system of equations to determine the stress and strain in the casing and tubing, which is under complex loading. A method for assessing the compatibility of the tubing down hole environment, especially in the extraction of shale gas, and the four approaches to assessing the residual life of tubing. Retrieved refined patterns influence of design and operating factors on the performance of threaded pipe connections that are most responsible element columns. A graph-analytic study of geometrical parameters of threaded connections, including threaded discharging grooves, thereby creating a multi-dimensional vibrational graph-analytic model for the optimization of geometrical parameters. Developed and proposed a device for sealing joints coupling casing. The device is patented in Ukraine for utility model and was pilot tested for tightness. The results of laboratory tests tubing fatigue curve obtained parameters and the method of predicting the residual life of its essential value of probability not destruction.

KEY WORDS: fittings, casing, tubing, hard work, integrity.



an2428